

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Zielsetzung dieser Arbeit	5
2	Grundlagen	7
2.1	Wärmedämmschichten für den Einsatz in Gasturbinen	7
2.1.1	Strahlung im Brennraum und thermische Belastung von Wärme- dämmschichten	12
2.2	Grundlagen thermischer Strahlung	14
2.2.1	Strahlungsintensität und Strahlungsfluss	15
2.2.2	Schwarzkörperstrahlung	17
2.3	Strahlungseigenschaften von Materie – Definitionen	18
2.3.1	Lichtstreuung an sphärischen Partikeln	20
2.4	Strahlungstransportgleichung und Zwei-Fluss-Näherung	24
2.4.1	Zwei-Fluss-Näherung	27
2.5	Kubelka-Munk-Modell	28
3	Experimente	33
3.1	Ausgangsmaterialien und deren Charakterisierung	33
3.2	Schichtherstellung	37
3.2.1	Plasmaspritzen	37
3.2.2	Atmosphärisch plasmagespritzte Schichten	38
3.2.3	Suspensionsplasmagespritzte Schichten	40
3.2.4	Atmosphärisch und suspensionsplasmagespritzte Schichten	42
3.2.5	Partikeldiagnostik	43
3.3	Thermische Behandlung	44
3.4	Charakterisierung der Mikrostruktur	44
3.4.1	Quecksilberporosimetrie	45
3.4.2	Rasterelektronenmikroskopie	45

3.5	Optische Messungen	45
3.5.1	Hemisphärische Reflexions- und Transmissionsmessungen	46
3.5.2	Winkelabhängige Reflexions- und Transmissionsmessungen	48
3.5.3	Bestimmung des spektralen Emissionsgrades	50
3.6	Bestimmung der thermischen Leitfähigkeit	50
3.6.1	Laser-Flash-Methode	51
4	Ergebnisse und Diskussion	53
4.1	Mikrostruktur und optische Eigenschaften plasmagespritzter Schichten	54
4.1.1	APS-Schichten	54
4.1.2	SPS-Schichten	64
4.1.3	APS/SPS-Schichten	71
4.1.4	Sintereffekte	77
4.1.5	Zusammenfassung	79
4.2	Winkelabhängige Transmission und Reflexion	80
4.2.1	APS-Schichten	80
4.2.2	SPS und APS/SPS-Schichten	92
4.2.3	Schlussfolgerungen	92
4.3	Emissionsvermögen von APS-Schichten	99
4.4	Thermische Leitfähigkeit	100
4.5	Absorptions- und Streukoeffizienten für plasmagespritzte Wärmedämmschichten	102
4.5.1	APS-Schichten	104
4.5.2	SPS-Schichten	105
4.5.3	APS/SPS-Schichten	106
4.6	Korrelation zwischen Streukoeffizienten und Mikrostruktur	108
4.7	Korrelation zwischen Temperaturverteilung und Mikrostruktur	112
4.7.1	Strahlungsanteil	112
4.7.2	Vergleich der Schichten	113
5	Fazit und Ausblick	121
6	Zusammenfassung	127
A	Tabellen	131

B	Strahlungstransportgleichung und Zwei-Fluss-Näherung	135
B.1	Eindimensionale Transportgleichung für die Strahlungsintensität	136
B.2	Annahme 1: Isotropie im Streuverhalten	138
B.3	Annahme 2: Zwei-Fluss-Modell	145
B.4	Strahlungsrandbedingungen für ein WDS-System	148
B.5	Kopplung zur transienten Temperaturverteilung	152
B.6	Numerische Lösung der Strahlungs- und Temperaturverteilung	158
B.7	Sonderfall: Stationärer Zustand	172
 C	 Kubelka-Munk-Modell und Herleitung der Koeffizienten	 181
C.1	Zwei-Fluss-Modell nach Kubelka und Munk	181
C.2	Bestimmung der Parameter \mathbf{K} & \mathbf{S} aus experimentellen Messungen	187
C.3	Bestimmung der effektiven Streu- und Absorptionskoeffizienten	188